

РОЗДІЛ II. ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ОСВІТІ

УДК 372.853

Валентин Гладуш, Варфоломій Савчук

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Дніпро)

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛОРЕНЦА В ОСВІТІ УЧНІВ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО ПРОФІЛЮ НАВЧАННЯ

Запропоновано елементарне виведення перетворень Лоренца. Метод може бути використаний при вивченні елементів спеціальної теорії відносності і розгляді її найпростіших наслідків в старших класах профільної середньої школи, гуртковій роботі та на факультативних заняттях з фізики.

Ключові слова: середня школа, фізична освіта, спеціальна теорія відносності, перетворення Лоренца, поглиблене вивчення, елементарне виведення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Розвиток сучасного світогляду у молодій людині – одна з основних вимог, що пред'являються до шкільного навчального процесу. Це передбачає активне вивчення фундаментальних принципів природознавства. Серед них виділимо принципи відносності у фізиці. Їх значення виявляється вже при елементарному розгляді кінематики і динаміки різноманітних механічних явищ і особливо при розгляді релятивістської механіки. Вивчення цих розділів фізики сприяє розвитку сучасних релятивістських уявлень про наукову картину світу і розширює науковий світогляд учнів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментом релятивістської кінематики і динаміки спеціальної теорії відносності (СТВ) є перетворення Лоренца. Однак, на жаль, можна констатувати, що цим перетворенням в підручниках для загальноосвітньої школи приділяється недостатньо уваги. Так в поширених підручниках [1-3] перетворення Лоренца наводяться в готовому вигляді і не використовуються для виведення кінематичних наслідків СТВ. У посібнику [4] поглиблене вивчення СТВ взагалі обходиться без перетворень Лоренца. Непростий висновок цих перетворень і часткове їх використання для вивчення наслідків СТО містяться в посібниках з поглибленим вивченням фізики [5; 6].

На сьогодні перетворення Лоренца відсутні в навчальних програмах рівня стандарту та академічного рівня для 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів і з'являються лише в навчальній програмі профільного рівня [7]. Отже виникає питання як подавати перетворення Лоренца в цьому випадку.

Зауважимо, що повне виведення перетворень Лоренца міститься в сучасних підручниках для вузів з теоретичної фізики [8; 9] і класичної електродинаміки [10; 11], яке будується на основі властивостей симетрії простору і часу, а також властивостей руху. Причому, нерідко вдаються до формального виведення, застосовуючи або поворот на уявній площині, або використовуючи гіперболічний поворот. Нарешті, часто застосовують більш строгий апарат лінійних перетворень, з використанням елементів теорії симетрій і груп перетворень. Підходи, що містяться в курсах фізики для вищих технічних і педагогічних закладів [12; 13], теж не можна назвати елементарними. Для початківця, що починає вивчати СТВ, ці підходи поки важкі для сприйняття.

Зазначимо, що методика поглибленого вивчення кінематичних висновків релятивістської механіки у середній школі ґрунтовно розглянута у статті [14]. Але й в ній автори методики обходять питання виведення перетворень Лоренца й подають їх у готовому вигляді. Однак деякий нескладний прийом дозволяє досить просто підійти до завдання виведення перетворень Лоренца.

Мета статті. Обґрунтувати можливість елементарного виведення перетворень Лоренца, яке відповідає фізичному і математичному рівню знань учнів старших класів профільного рівня навчання й має зрозуміле на такому рівні змістове наповнення, є доступним і доцільним для використання й в інших формах вивчення спеціальної теорії відносності – на факультативних заняттях та гуртковій роботі з фізики.

Виклад основного матеріалу дослідження. У даній роботі запропоновано елементарне виведення перетворень Лоренца. Воно засновано на ідеї коригування стандартного перетворення Галілея деяким додатковим перетворенням. Вид цього додаткового перетворення знаходиться за допомогою простих алгебраїчних операцій з використанням вимоги сталості швидкості світла. Таким чином, шукане перетворення будується як послідовність виконання двох перетворень: перетворення Галілея і коригуючого додаткового перетворення (композиція перетворень), які в підсумку і приводять до перетворення Лоренца.

1. *Принцип відносності Галілея*

Почнемо з розгляду вільного руху тіл та його закономірностей.

Для опису процесів, що відбуваються у природі, необхідно ввести систему відліку. Система відліку – це сукупність тіла відліку, зв'язаної з ним системи координат і системи відліку часу, по відношенню до якої розглядається рух будь-яких тіл. Існують системи відліку, в яких вільний рух тіл, тобто рух тіл, які не знаходяться під дією зовнішніх тіл, відбувається з постійною швидкістю. Такі системи відліку називають інерціальними.

Досвід показує, що справедливим є принцип відносності, згідно з яким всі закони механіки однакові в усіх інерціальних системах відліку. Розглянемо наслідки, які випливають з цього принципу. Нехай інерціальна система відліку K' рухається щодо системи відліку K зі швидкістю V . Нехай деяке тіло в системі K у момент часу t має радіус-вектор r щодо початку O , а в системі K' в момент часу t' має радіус вектор r' щодо початку O' , який в початковий момент часу $t'=0$ збігається з r . Тоді, положення тіла в цих системах пов'язані співвідношенням:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{V}t'; \quad (1)$$

$$t = t'. \quad (2)$$

Виписані перетворення Галілея і описують перехід від однієї системи відліку до іншої. Нижня формула виражає факт абсолютності часу, який тече раз і назавжди заданим темпом у всіх інерційних системах відліку. Отже, принцип відносності Галілея (або механічний принцип відносності) можна сформулювати, як вимога інваріантності рівнянь механіки відносно перетворень (1), (2). Нехай тепер тіло рухається з постійними швидкостями v і v' в системах K і K' , відповідно. Тоді з формули (1) випливає звичайний закон складання швидкостей:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{V}. \quad (3)$$

2. *Принцип відносності Ейнштейна*

Після того як у другій половині XIX століття Максвеллом були сформульовані основні закони електродинаміки, виникло питання, чи поширюється принцип відносності, справедливий для механічних явищ, і на електромагнітні явища.

Відповідь на це питання дає спеціальна теорія відносності, яка ґрунтується на таких постулатах!

1. Принцип відносності – головний постулат теорії Ейнштейна. Його можна сформулювати так: всі процеси природи протікають однаково у всіх інерціальних системах відліку.

З принципу відносності випливає зокрема, що швидкість поширення взаємодії однакова у всіх інерціальних системах відліку. Тому, швидкість поширення електромагнітної взаємодії є універсальною постійною. Ця постійна швидкість одночасно є, як це випливає з рівнянь електродинаміки, швидкістю поширення світла в порожнечі $c = 3 \times 10^8$ м/с.

2. Другий постулат: швидкість світла у вакуумі однакова для всіх інерціальних системах відліку. Вона не залежить ні від швидкості джерела, ні від швидкості приймача світлового сигналу.

Об'єднання принципу відносності зі скінченністю швидкості поширення взаємодії і є принципом відносності Ейнштейна. Механіка, заснована на ейнштейнівському принципі відносності, називається релятивістською.

Легко бачити, що другий постулат суперечить закону складання швидкостей (3). Причиною неспроможності класичних уявлень про простір і час є неправильне припущення про можливість миттєвої передачі взаємодій і сигналів з однієї точки простору в іншу. Існування граничної кінцевої швидкості передачі взаємодій викликає необхідність глибокої зміни традиційних уявлень про простір і час, заснованих на повсякденному досвіді. Уявлення про абсолютний час, яке тече раз і назавжди заданим темпом, абсолютно незалежно від матерії та її руху, виявляється неправильним.

3. Математичне формулювання принципу інваріантності швидкості світла

Надалі ми будемо користуватися поняттям події, яке є аналогом точки в звичайному тривимірному просторі. Подія – це явище, яке визначається місцем де вона відбулася, і часом, коли вона сталася. Так, подія, що відбувається з деякою частинкою, визначається трьома координатами x, y, z цієї частинки і часом t , коли відбувається подія. Для зручності ми будемо користуватися уявним чотиривимірним простором, на осях якого відкладаються три просторові координати і час. У цьому просторі подія зображується точкою, яка називається світовою точкою. Будь-якій частинці відповідає деяка лінія (світова лінія) в цьому чотиривимірному просторі.

Тепер ми можемо висловити принцип інваріантності швидкості світла математично. Розглянемо дві інерціальні системи відліку K і K' , що рухаються відносно одна одної з постійною швидкістю. Нехай перша подія полягає в спалаху світла, а друга подія полягає в реєстрації цього спалаху. У кожній системі ці події мають різні координати і часи. Таким чином, ми маємо наступну таблицю подій, їх координат, де вони відбулися і часів, коли вони відбулися.

	K	K'
Подія №1 – спалах світла	x_1, y_1, z_1, t_1	x'_1, y'_1, z'_1, t'_1
Подія №2 – реєстрація світла	x_2, y_2, z_2, t_2	x'_2, y'_2, z'_2, t'_2

Сигнал поширюється зі швидкістю c , тому пройденої відстані в системі K буде $R=c(t_2-t_1)$. З іншого боку. Ця ж відстань дорівнює:

$$R = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}. \quad (4)$$

Звідси випливає залежність між координатами обох подій у системі K :

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2 = 0. \quad (5)$$

Ті ж дві події, тобто спалах і реєстрація світлового сигналу, можна спостерігати з системи K' . Оскільки швидкість світла в системах K і K' однакова, то аналогічно (5), знаходимо:

$$(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2 - c^2(t'_2 - t'_1)^2 = 0. \quad (6)$$

Якщо x_1, y_1, z_1, t_1 и x_2, y_2, z_2, t_2 – координати будь-яких двох подій, то величина

$$S_{12} = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2} \quad (7)$$

називається інтервалом між двома подіями і є аналогом відстані між двома точками в евклідовому просторі. Таким чином, з інваріантності швидкості світла випливає, що якщо інтервал між двома подіями дорівнює нулю в одній системі відліку, то він дорівнює нулю і у всякій іншій системі, $S_{12} = 0 \forall K \Rightarrow S'_{12} = 0 \forall K'$.

4. Несумісність принципу відносності Галілея з постулатом сталості швидкості світла

Розглянемо для простоти окремий випадок перетворення Галілея, коли система К' рухається щодо системи К уздовж осі ОХ, тобто $\mathbf{V}=\{v,0,0\}$. Тоді формули (1), (2) формули приймають вигляд

$$x = x' + vt', \quad (8a)$$

$$y = y'. \quad (8b)$$

$$z = z', \quad (8c)$$

$$t = t'. \quad (8d)$$

Розглянемо, як зміниться квадрат інтервалу S^2 при перетворенні Галілея (8) між двома подіями $(0, 0, 0, 0)$ і (x, y, z, t) . В системі К маємо:

$$S^2 = c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 0. \quad (9)$$

Ми будемо розглядати це співвідношення, як рівняння сферичного фронту світлової хвилі, породженої спалахом, що сталася на початку координат в початковий нульовий момент часу. При підстановці (8) в (9) отримуємо:

$$S^2 = c^2 t'^2 - (\dot{x} + vt')^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = 0. \quad (10)$$

Або розкриваючи дужки, знаходимо:

$$S^2 = (c^2 - v^2)t'^2 - 2vt'\dot{x} - \dot{x}^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = 0. \quad (11)$$

Ми бачимо, що отримане рівняння поширення фронту світлової хвилі в системі К' відрізняється від рівняння (9) фронту хвилі в системі К. Це означає, що форма фронту світлової хвилі, як і рівняння поширення хвилі, не є інваріантною щодо перетворення Галілея. Таким чином, принцип відносності Галілея несумісний з постулатом сталості швидкості світла, а значить несумісний і з електродинамікою.

Це говорить про неспроможність старих механістичних уявлень про абсолютний час. Нові уявлення про властивості простору і часу зобов'язують розглядати простір і час, як єдиний простір-час, де час, як і просторові координати, відносний. При цьому, час розглядається, як часова координата в чотиривимірному просторово-часовому многовиді подій, нарівні з просторовими координатами, і перетворюється один через одного при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої. Залишилося тільки знайти це перетворення. У цьому нам допоможе постулат сталості швидкості світла і факт відносності часу.

5. Побудова перетворень Лоренца з постулату сталості швидкості світла

Щоб виправити рівняння (11), зробимо додаткове коригуюче перетворення, так щоб рівняння фронту хвилі прийняло форму аналогічну (9). Для знаходження цього перетворення використаємо метод виділення повного квадрата. Позначимо

$$a^2 = (c^2 - v^2)t'^2, \quad ab = vt'\dot{x}, \quad (12)$$

тоді

$$b = \frac{vt'\dot{x}}{a} = \frac{vx}{\sqrt{c^2 - v^2}}. \quad (13)$$

Тепер рівняння (11) можна представити у формі:

$$S^2 = a^2 - 2ab + b^2 - \dot{x}^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = (a - b)^2 - \dot{x}^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = 0. \quad (14)$$

Повертаючись до початкових змінних (12) і (13), отримуємо:

$$S^2 = \left(\sqrt{c^2 - v^2}t' - \frac{v\dot{x}}{\sqrt{c^2 - v^2}} \right)^2 - \left(\frac{v\dot{x}}{\sqrt{c^2 - v^2}} \right)^2 - \dot{x}^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = 0. \quad (15)$$

Або:

$$S^2 = \left(\sqrt{c^2 - v^2}t' - \frac{v\dot{x}}{\sqrt{c^2 - v^2}} \right)^2 - \frac{c^2}{c^2 - v^2} \dot{x}^2 - \dot{y}^2 - \dot{z}^2 = 0. \quad (16)$$

Нам вдалося записати рівняння фронту хвилі у повних квадратах, або як говорять у «діагональній» формі. Скористаємося тепер уявленнями про відносність часової і просторової

координат. Це дозволить нам ввести нову тимчасову координату t'' і просторову координату x'' за формулами:

$$ct'' = \sqrt{c^2 - v^2} t' - \frac{vx'}{c}, \quad (17)$$

$$x'' = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} x', \quad (18)$$

так, щоб рівняння (16) прийняло потрібну форму, аналогічну рівнянню (9):

$$S^2 = c^2 t''^2 - x''^2 - y'^2 - z'^2 = 0. \quad (19)$$

Рівняння (17), (18) і є шукані коригуючі перетворення для випадку руху системи K' відносно системи K уздовж осі OX . Щоб знайти повне перетворення, обернемо перетворення Галілея (8):

$$\hat{x} = x - vt, \quad (20a)$$

$$\hat{y} = y, \quad (20b)$$

$$\hat{z} = z, \quad (20c)$$

$$\hat{t} = t. \quad (20d)$$

Підставимо тепер співвідношення (20a) і (20d) у коригуючі перетворення (17) і (18). Як результат, знаходимо:

$$t'' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (21)$$

$$x'' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (22)$$

Це і є шукані перетворення Лоренца для t та x . Зазвичай вони записуються в оберненому вигляді. Здійснюючи в формулах (21) і (22) заміну $x'' \rightarrow \hat{x}$ і $t'' \rightarrow t'$ і обертаючи отримані співвідношення приходимо до перетворення Лоренца в стандартній формі:

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} \hat{x}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (23a)$$

$$x = \frac{\hat{x} + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (23b)$$

$$\hat{y} = y, \quad (23c)$$

$$\hat{z} = z, \quad (24d)$$

Тут ми додали формули (23c), (24c), які вказують на те, що в даному окремому випадку руху системи K' відносно системи K уздовж осі OX , координати y і z не змінюються, як відносно перетворення Галілея, так і перетворення Лоренца.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Отримані перетворення описують перехід від однієї інерціальної системи відліку до іншої. Вони дозволяють за відомими координатами події і часу її звершення в системі K' знайти координати і час цієї ж події в іншій системі K і навпаки. Підкреслимо, що ці формули застосовні тільки для окремого випадку руху системи K' щодо системи K уздовж осі OX зі швидкістю v . Для випадку руху уздовж інших осей формули аналогічні.

Представлений спосіб побудови перетворення Лоренца наочно демонструє відносність часу в релятивістській теорії. Тут ці перетворення отримані, як результат композиції вихідного перетворення Галілея (20) і коригуючого перетворення (17), (18). Відзначимо, що при виведенні використовуються елементарні алгебраїчні перетворення.

Запропоноване виведення відповідає фізичному і математичному рівню знань учнів старших класів профільного рівня навчання й має зрозуміле на такому рівні змістовне наповнення. Воно є доступним і доцільним при поглибленому вивченні розділу «Релятивістська механіка» в сучасному шкільному курсі фізики». Даний підхід може використовуватися й в інших формах організації занять з фізики – зокрема факультативні заняття та гурткова робота.

Джерела та література

1. Засекіна Т. М. Фізика: підручник для 10 кл. загальноосвіт. навч. закладів: профільний рівень / Т. М. Засекіна, М. В. Головка. – К. : Педагогічна думка, 2010. – 304 с.
2. Засекіна Т. М. Фізика: підручник для 10 кл. загальноосвіт. навч. закладів: академ. рівень, профільний рівень / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. – Харків: Січ, 2012. – 352 с.
3. Пинский А. А. Физика. учебник для 11 кл. с углубл. изучением физики. 8-е изд. / А. Е. Глазунов, О. Ф. Кабардин, А. Н. Малинин, В. А. Орлов, А. А. Пинский; Под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 2005. – 448 с.
4. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: Учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин. – 19-е изд. М.: Просвещение, 2010. – 399 с.
5. Яворский Б. М. Основы физики. Т. 1: Учебное пособие для средней школы. 3-е изд. / Б. М. Яворский, А.А. Пинский. – М.: Наука, 1981. – 476 с.
6. Яворский Б. М. Основы физики. Т.1: Учебное пособие для средней школы. / Б. М. Яворский, А. А. Пинский. – М.: Физматлит, 2003. – 576 с.
7. Навчальні програми для 10-11 класів загальноосвітніх закладів // МОН УКРАЇНИ. Офіційний веб-сайт. [Електронний ресурс] – http://old.mon.gov.ua/ua/activity/education/56/692/educational_programs/1349869542/.
8. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля. 7-е изд. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
9. Левич В. Г. Курс теоретической физики. Том I. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
10. Бредов М. М. Классическая электродинамика: Учебное пособие. / М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин; Под ред. И. Н. Топтыгина. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
11. Новожилов Я. П. Электродинамика: Учебное пособие. / Я. П. Новожилов, Ю. А. Яппа. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
12. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики: учебное пособие для втузов. 4-е изд. / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высш. шк., 2002. – 718 с.
13. Кучерук І. М. Загальний курс фізики. Т. 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посібник для студентів вищих техн. і педагогічних закладів освіти / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик – К.: Техніка, 1999. – 536 с.
14. Буряк В. Методика поглибленого вивчення кінематичних висновків релятивістської механіки в середній школі / В. Буряк, О. Коновал // Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 2. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015 – 300 с.

References

1. Zasyekina T. M. Fyzyka: pidruchnyk dlya 10 kl. zahal'noosvit. navch. zakladiv: profil'nyy riven' / T. M. Zasyekina, M. V. Holovko. – K.: Pedahohichna dumka, 2010. – 304 s.
2. Zasyekina T. M. Fyzyka: pidruchnyk dlya 10 kl. zahal'noosvit. navch. zakladiv: akadem. riven', profil'nyy riven' / T. M. Zasyekina, D. O. Zasyekin. – Khar'kiv: Sytsiya, 2012. – 352 s.
3. Pinskiy A. A. Fizika. uchebnik dlja 11 kl. s uglubl. izucheniem fiziki. 8-e izd. / A. E. Glazunov, O. F. Kabardin, A.N. Malinin, V. A. Orlov, A. A. Pinskiy; Pod red. A. A. Pinskogo, O. F. Kabardina. – M.: Prosveshhenie, 2005. – 448 s.
4. Mjakishev G. Ja. Fizika. 11 klass: Ucheb. dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij: bazovyy i profil. urovni / G. Ja. Mjakishev, V. V. Buhovcev, V. M. Charugin. – 19-e izd. M.: Prosveshhenie, 2010. – 399 s.
5. Javorskiy B. M. Osnovy fiziki. T. 1: Uchebnoe posobie dlja srednej shkoly. 3-e izd. / B. M. Javorskiy, A.A. Pinskiy. – M.: Nauka, 1981. – 476 s.
6. Javorskiy B. M. Osnovy fiziki. T.1: Uchebnoe posobie dlja srednej shkoly. / B. M. Javorskiy, A. A. Pinskiy. – M.: Fizmatlit, 2003. – 576 s.
7. Navchal'ni prohramy dlya 10-11 klasiv zahal'noosvitnikh zakladiv // MON UKRAYiNY. Ofitsinyy veb-sayt. [Elektronnyy resurs] – http://old.mon.gov.ua/ua/activity/education/56/692/educational_programs/1349869542/
8. Landau L. D., Lifshic E. M. Teoreticheskaja fizika. T. 2. Teorija polja. 7-e izd. / L. D. Landau, E. M. Lifshic. – M.: Nauka, 1988. – 512 s.

9. Levich V. G. Kurs teoreticheskoy fiziki. Tom I. – M.: Nauka, 1985. – 400 s.
10. Bredov M. M. Klassicheskaya jelektrodinamika: Uchebnoe posobie. / M. M. Bredov, V. V. Rumjancev, I. N. Toptygin; Pod red. I. N. Toptygina. – M.: Nauka, 1985. – 400 s.
11. Novozhilov Ja. P. Jelektrodinamika: Uchebnoe posobie. / Ja. P. Novozhilov, Ju. A. Jappa. – M.: Nauka, 1978. – 352 s.
12. Detlaf A. A., Javorskij B. M. Kurs fiziki: uchebnoe posobie dlja vtuzov. 4-e izd. / A.A. Detlaf, B.M. Javorskij – M.: Vyssh. shk., 2002. – 718 s.
13. Kucheruk I. M. Zahal'nyy kurs fizyky. T. 1: Mekhanika. Molekulyarna fizyka i termodynamika: Navch. posibnyk dlya studentiv vyshchyykh tekhn. i pedahohichnykh zakladiv osvity / I. M. Kucheruk, I. T. Horbachuk, P. P. Lutsyk – K.: Tekhnika, 1999. – 536 s.
14. Burak V. Metodyka pohlyblyenoho vyvchennya kinematychnykh vysnovkiv relyatyvist-s'koyi mekhaniky v seredniy shkoli / V. Buryak, O. Konoval // Naukovi zapysky. – Vypusk 7. – Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoyi i tekhnolohichnoyi osvity. Chastyna 2. – Kirovohrad: RVV KDPU im. V. Vynnychenka, 2015 – 300 s.

Гладуш Валентин, Савчук Варфоломей. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА В ОБРАЗОВАНИИ УЧАЩИХСЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ОБУЧЕНИЯ. Предложен элементарный вывод преобразований Лоренца. Метод может быть использован при изучении элементов специальной теории относительности и рассмотрении ее простейших следствий в старших классах профильной средней школы, кружковой работе и на факультативных занятиях по физике.

Ключевые слова: средняя школа физическое образование, специальная теория относительности, преобразования Лоренца, углубленное изучение, элементарный вывод.

Gladush Valentin, Savchuk Bartholomew. LORENTZ TRANSFORMATIONS IN THE EDUCATION OF PUPILS IN THE PHYSICAL AND MATHEMATICAL PROFILE OF TRAINING. In the context of improving the content of natural and mathematical education, more attention is paid in the educational literature to the study of the fundamental principles of natural science, among which the principles of relativity occupy a leading place in the development of the modern worldview of the young man, which causes the development of new didactic and methodological requirements for textbooks and manuals. Thus, the textbook on physics, as an element of the system of physical education, constantly feels the stimulating effect of fundamental principles. The most important of them, the principle of relativity, prescribes the invariance of all the laws of physics in the transition from one inertial frame of reference to another, which is formally, in the language of mathematics, understood as the invariance of all the equations of physics with respect to Lorentz transformations and is the basic paradigm of relativistic physics. Thus, the available derivation of Lorentz transformations and the simple presentation of the main corollaries that follow from them is one of the attributes of the modern educational standard for students of physics, and the possession of this material is the main sign of the student's physical competence.

An in-depth study of the section "Relativistic mechanics" in the modern school is carried out in the popular textbooks T. Zasekina, M. Golovko and T. Zasekina, D. Zasekin, and also in the textbook, ed. A. Pinsky, O. Kabardin.

However, the Lorentz transformation is given in its final form and is not used to derive the kinematic consequences of SRT. In the well-known manual G. Myakishev, B. Bukhovtsev, V. Charugin, the study of SRT generally does without Lorentz transformations. At present, Lorentz transformations are absent in the curricula of the "standard" level and the academic level for the 10-11 grades of general education schools. They appear only in the curriculum of the profile level.

This raises the question of how to apply Lorentz transformations in this case. The complete derivation of Lorentz transformations is contained in modern textbooks for high schools on theoretical physics and electrodynamics, which is built on the basis of the symmetry properties of space and time. Approaches contained in physics courses for higher technical and pedagogical institutions A. Detlaf, B. Yavorsky and I. I. Kucheruk, I. Gorbachuk, P. Lutsik, too, can not be called elementary. The problems of the method of in-depth study of the kinematic consequences of relativistic mechanics in high school are thoroughly examined in the article by V. Buryak, O. Konoval. However, even here, the authors circumvent the issues of the derivation of the Lorentz transformations.

The purpose of this article is to give an elementary derivation of the Lorentz transformations, which corresponds to the physical and mathematical level of knowledge of students in the upper grades of the profile level of education and has a meaningful content at such a level. The proposed conclusion is accessible and is expedient for use in other forms of studying the special theory of relativity - in particular, in particular, in elective groups and circle work in physics. The method is based on the idea of correcting the standard Galilean transformation by some additional corrective transformation. The form of this transformation is found by means of simple operations of elementary algebra using the requirement of the constancy of the speed of light. The desired transformation is constructed as a sequence of two transformations: the Galileo transformations and the required corrective transformation, which eventually lead to the Lorentz transformation.

Keywords: secondary school, physical education, special theory of relativity, Lorentz transformation, in-depth study, elementary derivation.

Стаття надійшла до редколегії 01.09.2017 р.